作物抗蟲品種的開發與利用

鄭清煥　黃守宏

利用抗蟲作物品種防治害蟲是一種很古老的植物保護方法，在馴化野生植物成為栽培作物以前，對害蟲不具抗性個體常於其結種子前即被危害死亡，而能幸運存活下來的對害蟲則具有不同程度的抵抗性。這種自然汰選現象一直存在生物界，即使在早期農業，人們在尚未有效防治病蟲害以前，亦選擇發育良好，產量較佳且未受明顯病、蟲危害的植株採種。事實上，任何一種生物，包括農作物及害蟲，個體間遺傳基因的表現並非完全一樣，就如在台灣的栽培稻，在分類上同屬一種(species)，但品種間的農藝性狀：如株高、葉長、寬，顏色、米粒的溶膠澱粉含量、長短、透明度及顏色等等，以及對病蟲害及不良環境的感受性均有差異，而這些特性則都受各品種的遺傳基因所控制。當一種生物，不論是植物或害蟲，遭受外界壓力時，適者生存，而不適者即被淘汰；而寄主植物對寄生者的防衛機制與寄生者的適應能力交互作用的演化亦持續存在，形成所謂的生物共同演化(coevolution)現象(Strong, 1979)。然而當人為操作介入此一自然演化後，如利用殺蟲藥劑防治害蟲，只追求高產、質優的作物品種，而忽略其對病、害蟲的抵抗性，致使在 20 世紀中後期育成的大部分作物品種之抗蟲性幾乎消失殆盡。

利用抗蟲品種於害蟲防治，在歷史上最有名者莫過於在 18 世紀末至 19 世紀中，於美國因小麥癭蚊(*Mayetiola destructor* (Say))的嚴重危害，難以利用其他方法防治，終因抗蟲品種的開發與運用而獲得控制；其次為 19 世紀中葉，法國栽培的葡萄因根瘤蚜(*Phylloxera vitifolae* (Fitch))的嚴重危害，而導致其葡萄酒產業幾乎完全瓦解，其後幸自美國引入高度抗根瘤蚜的品種為根砧而獲得解決(Balachowsky, 1951; Painter, 1951; Everson & Gallun, 1980)。如此成功地利用抗蟲品種來防治害蟲的例子，在 20 世紀中期以前為數甚少；其後因發現過度使用殺蟲劑引起害蟲對藥劑產生抗藥性，以及產生殘毒污染生態環境後，抗蟲

品種的應用始被從新重視。自此之後，在短短的 50 餘年，在美國即有 400 個以上的抗蟲品種被命名，其中約有 100 個抗蟲品種被廣泛栽培，而全世界栽植的抗蟲品種則超過 200 個以上(Smith, 1989)。迄至目前為止，栽植抗蟲品種大多屬於糧食(含雜糧)作物，纖維作物和牧草等，至於水果和蔬菜等較注重商品外表品質的作物則為數甚少。惟在目前由於許多國際性研究機構，如國際稻米研究所、亞洲蔬菜研究發展中心等專業的作物研究機構，均有蒐集、保存全世界各地的種源，並已篩選出對多種病、害蟲具有不同程度抵抗性的種源，使抗蟲種源之蒐集更為方便，假以時日，相信抗蟲品種的育成將會逐年增加(Panda & Khush, 1995; Smith, 1989)。本文僅就抗蟲作物品種的開發與應用及其利弊加以介紹，供作農業永續經營之參考。

『抗蟲品種』的定義及其抗蟲的機制

抗蟲品種是指一種作物的品種，因含有某種可遺傳的基因，使其在同一環境下對一種或幾種害蟲的危害較沒有含該種遺傳基因的品種為輕微謂之。因此所謂抗蟲或感蟲是一種相對的特性，抗蟲的程度是與感蟲品種被害程度比較的結果，而非絕對性的(Painter, 1951; Smith, 1989)。抗蟲程度的等級可能略受光、溫、溼度及土壤肥力等之影響，但不致完全變更。某些作物之抗蟲性狀亦可能受其生長期的影響，如玉米對玉米螟(*Ostrinia nubilalis* (Hübner))的抵抗性，有些品種只表現於雄花抽出前之營養生長期，有些則表現在雄花抽出後之繁殖生長期，兩者受不同基因所支配(Smith, 1989)。又如若干水稻品種，在秧苗期並不抗褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))，但在分蘗期後即表現抗蟲現象。此種在植株成長後始表現抗蟲性狀者稱為「成株抗蟲型」或「田間抗蟲型」(鄭, 1985；Chelliah *et al*., 1981)。此外，在某些情況下植株因害蟲密度太低，或因逃避害蟲的危害期而擬似抗蟲性狀者稱為「偽抗性」。

作物的抗蟲機制，一般可區分為抗生性(antibiosis)，非偏好性(non-preference)或抗棲性(antixenosis)，及容忍性等(tolerance)(Painter, 1951; Smith, 1989; Horber, 1980)。抗生性是指寄主植物含有對害蟲之生存、發育及繁殖具有阻礙之因子，可致使害蟲之大量死亡，發育不正

常，體重下降及繁殖率下降等現象。導致上述現象的原因可能是生物物理因素，亦可能是生物化學因素。前者如植物的組織、結構阻礙害蟲的取食，或因植物被害後產生過敏，周圍組織快速死亡或增生，而使害蟲無法存活；而後者是因植物含有對害蟲生理具有阻礙之化學物質(次代謝物質)，或植物缺乏害蟲生長或繁殖所需之營養物質，或所含之營養物質因結構性的變異而使害蟲無法利用，影響害蟲之生長及生存。

非偏好性或稱為抗棲性是指寄主植物含有害蟲不喜歡在植株上棲息、取食或產卵的因子。這些因子大體上可分為植物形態的物理因子及植物含有的化學因子。前者如植物表皮層之結構，阻礙害蟲取食或產卵；後者如植物缺乏害蟲取食之刺激物質，或含有忌避物質，或阻礙害蟲取食或產卵之次代謝物質。抗蟲植物具非偏好特性者，也是植物為防禦害蟲危害的一種演化。此種特性對害蟲的生存壓力雖不如具抗生性植物，但卻可迫使害蟲遷離而達到降低蟲害的目的。

植物對害蟲危害的容忍性，也是受遺傳因子所支配的一種抵禦害蟲的特性，可使植物本身更有能力承受害蟲的危害而能快速復原。容忍性只是植物的一種特性，與害蟲取食或食物利用並無關連，因此對害蟲的族群的增長並無影響。植物對害蟲危害之容忍的機制迄今研究尚少，可能與植物的光合作用能力及再生能力有關。

作物的抗蟲機制雖可區分上述三種，但三種機制可能各自獨立於一抗蟲品種，亦可能同時並存於一個抗蟲品種，尤其是抗生與非偏好兩種抗蟲機制在試驗上常難以清晰分辨，如含有強烈取食忌避物質的非偏好抗蟲品種，其抗蟲表現與含有抗生物質者極為相似。

作物的抗蟲性狀係受遺傳基因所控制，可能受單主效基因(major monogene)所支配，亦可能受一主效基因及附加或修飾因子(additive genes or modifier)，或數量微效基因(minor polygenes)所控制。抗蟲性狀由單主效因子所控制者一般稱為直式抗性(vertical resistance)，抗蟲程度較強，較容易藉雜交育種程序將抗蟲基因轉移至優質的栽培品種；但若大面積連續栽植由同一主效基因所支配的抗蟲品種，較易產生有害

生物小種(virulent biotypes)。另一方面，抗蟲性狀由數量微效基因所支配者，又稱為橫式抗性(horizontal resistance)，其抗蟲程度通常介於中抗至微抗，在育種程序上較為複雜，但其抗蟲性狀較為穩定，不易產生有害生物小種(Horber, 1980; Smith, 1989; Panda & Khush, 1995)。

抗蟲作物品種的開發

抗蟲作物品種的開發是一條漫長而繁複的工作，需有相當的條件配合才能完成。首先，此項工作至少應有育種及昆蟲專家的充分合作，若有遺傳、栽培、生化及病理專家加入團隊，可使研究開發工作更臻完善(Painter, 1951; Panda & Khush, 1995)。育種專家負責種源的蒐集與繁殖、雜交育種，後代性狀選拔以及抗蟲品種的管理；而昆蟲專家則需瞭解害蟲的生物、生態學及取食、危害行為、害蟲大量繁殖及抗蟲品種(系)篩選技術的建立，種源及雜交後代的抗蟲篩選，抗蟲機制研究，新育成品種在田間之抗蟲表現以及害蟲生物小種的偵察及對策因應等。種源的蒐集以獲得抗蟲基因的歧異性較大者為佳，由該等材料中篩選，獲得不同背景之抗蟲基因的機率較大。由同種作物的種源中無法獲得抗蟲性者，亦可由近緣種植物篩檢，或藉由基因轉殖技術培育，但除直接利用雜交第一代栽培者外，獲得抗蟲品種之繁複性較傳統性的種內雜交為大，需時更久(鄭, 1992；Painter, 1951; Smith, 1989)。此外，從事抗蟲育種的另一難題為大量提供同品質之害蟲，以供篩檢及鑑定抗蟲種源及篩檢抗蟲育種的雜交後代品系。害蟲大量飼育除可用天然寄主植物為材料外，亦可使用人工飼料。前者需在隔離環境下大量栽植管理，費時費工；而後者雖可在室內舒適的環境下飼育，管理較為方便，但飼料配方是否可育出品質與行為不變的蟲體，得預先評估(Guthrie *et al*., 1974)。由於害蟲大量飼育不易，已成為培育抗蟲品種的最大瓶頸，是為抗病作物品種多於抗蟲品種的主要原因。

抗蟲作物品種在蟲害防治上之利用及其利弊

抗蟲作物品種無論其抗蟲機制是抗生或抗棲性，均可降低害蟲在作物上之危害程度。然而由於各種作物之重要害蟲種數不同，對害蟲危害的容忍程度亦有差異，以及作物的商品價值和被利用方式均不盡

相同，因此抗蟲品種被利用於蟲害防治方式亦有差異。一般而言，其利用方式可歸納為當作主要治蟲方法，以及與其他治蟲方法配合應用於害蟲綜合防治體系等兩種(Painter, 1951; Pathak, 1970)。

利用抗蟲品種作為主要治蟲方法，對於食性較專一性者較有希望。如前述在法國利用抗根瘤蚜之美國葡萄為根砧而克服了該蟲的嚴重危害；在美國利用抗蟲品種成功地防治蘋果棉蚜蟲(*Eriosoma lanigerum* (Hausmann))、苜蓿蚜(*Therioaphis maculata* (Buckton))、麥癭蚊、麥葉蜂(*Cephus cinctus* Norton)以及歐洲玉米螟等難防治害蟲(Painter, 1951; Maxwell *et al*., 1972)；在非洲及澳洲則利用抗蟲品種克服了難防治的棉花小綠葉蟬(*Empoasca* spp.)及高粱綠蚜(*Schizaphis graminum* (Rodani))等；而在亞洲則利用抗蟲品種緩和了嚴重危害水稻的褐飛蝨。上述案例均為使用抗蟲性較高的品種以克服一種難以使用殺蟲劑防治的害蟲。但高度抗蟲的作物品種畢竟只有少數，而多數屬於中等抗性者需與其他防治方法配合應用，才能有效地將害蟲之族群密度抑制於經濟危害基準之下。利用抗蟲品種為作物害蟲綜合防治之基本要素，最大的優點有下類幾項：(1)對害蟲的作用具專一性、持續性和累積性，(2)配合其他任何防治方法應用具有互補性而少有不良之相剋作用，(3)對人、畜、野生動物及生態環境無不良之副作用，(4)不增加生產者額外操作及費用，(5)避免作物因防治不當而遭受嚴重蟲害之風險，穩定作物生產(Panda & Khush, 1995; Kogan, 1982)。

栽植抗蟲品種，不管其抗蟲程度是中或低，對害蟲族群的快速增長均有不同程度的抑制作用，而使耕作防治、生物防治或藥劑防治變得更有效率，尤其是生物防治，它必需在適當的害蟲與天敵比例情況下，才能有效地抑制害蟲族群之增長(Stapley, 1976; Ooi & Shepard, 1994)。當害蟲族群之增長可藉天敵加以抑制時，則藥劑防治變為不需要或可大量地減少，害蟲防治即可明顯地較栽植感蟲品種為簡便。類似此種報告，已有許多文獻可查。

利用抗蟲品種於蟲害防治雖有諸多優點，但無可諱言的亦有其缺點，除了培育一種可被栽培者樂於接受的抗蟲品種頗為費時，需有政策及經費的持續支持；抗蟲品種之物理性或化學性抗蟲機制有時可能

妨礙作物產品之利用或商品價值，以及對一種害蟲具抗性的品種可能是其他某種有害生物的極感性品種等等(Panda & Khush, 1995)，而其最大的缺點是當由同一種抗蟲基因所支配之抗蟲品種在大面積連續栽植後，容易產生有害生物小種，而使原來的抗蟲品種喪失對該蟲的抑制效力(Painter, 1951; Gallun, 1972)。一般而言，由單主效基因所支配的抗蟲品種，較易產生有害生理小種，如在國際稻米研究所育成抗褐飛蝨的抗蟲品種 IR 26(含 Bph1 基因)在東南亞大面積栽培後 3 至 5 年，即因產生有害生理小種 biotype 2 而崩潰，不得不改推廣含有 bph2 基因之稻種 IR32 以資對抗(Khush, 1977, 1979; Panda & Khush, 1995)。似此種因抗蟲品種的壓力選汰而產生有害生理小種的現象，迄至目前有紀錄之害蟲已達 14 種，其中有 9 種為可行孤雌生殖的蚜蟲，其他 5 種為稻癭蠅(*Orseolia oryzae* (Wood-Mason))、麥癭蠅、褐飛蝨、偽黑尾葉蟬(*Nephottetix cincticeps* Uhler)及台灣黑尾葉蟬(*Nephottetix virescens* Dist.)等(鄭, 1975; Cheng, 1985; Wilbert, 1980; Panda & Khush, 1995)。事實上，這種寄主植物與有害生物(無論是病菌或害蟲)的基因對基因的共同演化現象，一直存在於自然界，只是因人為因素：如大面積連續栽植同一抗性品種，而加速其演化的進展。避免有害生物小種的產生，可利用(1)避免大面積同時栽植由同一抗性基因所支配之抗性品種，(2)使用多品系品種，(3)在同一品種轉入兩個主效基因或主效基因及附加基因，(4)育成由數量微效因子所支配之抗性品種等加以克服，(5)陸續釋放由不同主效基因所支配之抗蟲品種(Panda & Khush, 1995)。

台灣抗蟲品種之開發與利用

在台灣，有關抗蟲品種的研究於何時開始已難考據，從文獻上由 1960 年代迄至目前為止，已有 12 種作物對 36 種害蟲之抗蟲性進行過篩選工作，但只有 6 種作物對 8 種害蟲曾從事抗蟲育種工作，其中只有水稻抗褐飛蝨，高粱抗黍蚜及玉米抗亞洲玉米螟等曾實際有抗蟲品種之育成(鄭, 1991)。抗蟲品種工作進展緩慢之主要原因在於一般認為大多數害蟲均可使用藥劑防治，因此在政策及經費上也就無法獲得有力持續的支援，阻礙了參與人員的熱忱。茲將已育成應用於經濟栽培之抗蟲作物品種簡介如下：

一、抵抗褐飛蝨水稻品種

褐飛蝨為 1960 年代至 1980 年代亞太地區水稻的主要害蟲；台灣在該期間，於一期稻被害面積由 1 萬至 3 萬餘公頃，二期稻更由 4 萬至 11 萬餘公頃(蕭等, 1985)。由於該蟲繁殖快速，成、若蟲均棲息於稻叢基部取食危害，稍疏防治或防治不當，常導致水稻局部或全部枯萎倒伏，俗稱「蝨燒」。由於當時栽植之稻種均為感蟲性品種，加之為增產而施用重肥，形成極有利於該蟲的繁殖條件，農友為防治此一害蟲，常需噴藥 4 至 6 次，方可保護水稻之免於遭受肆虐(鄭, 1980)。有鑑於此，農業試驗所嘉義分所自國際稻米研究所引入抗蟲種源，並著手進行水稻抗蟲育種工作。第一個秈稻和粳稻抗褐飛蝨品種分別於 1973 及 1983 年命名推廣(Chang & Cheng, 1974; 張, 1982)，其後抗褐飛蝨稻種陸續育成，至目前為止，推廣之抗蟲品種共有秈稻 14 種、粳稻 11 種、秈糯 3 種及粳糯 5 種(鄭, 2002)(表一)。有人認為抗蟲稻種米質可能較差，不易為農民所接受，但事實上，如台中秈 10 號、台農秈 22 號、台農 68、70、72 號、台粳 2、16 號等均屬良質米等級。農民所要求者是抗蟲品種除米質外，其產量不能少於感蟲稻種使用農藥防治所獲得的生產量。

栽植對褐飛蝨具有高抵抗性的稻種，如台農 69 號、台粳 16 號及台農秈 20 號等對褐飛蝨之危害，無需藥劑處理即可獲得完全控制(圖 1)；屬於中等抗性之稻種，如台中秈 10 號、台粳 2 號等，則每期作至少可減少一半以上的施藥次數，隨褐飛蝨之發生的嚴重性而異(鄭, 1995；Cheng & Chang, 1979)。在東南亞許多國家遭受極為嚴重的褐飛蝨危害，均因栽植抗蟲品種而獲得控制，並使此一害蟲自 1980 年代後期即逐漸趨於緩和。

二、抵抗白背飛蝨及斑飛蝨的水稻品種

白背飛蝨(*Sogatella furcifera* (Horvath))與褐飛蝨同屬遷移性害蟲，在中國大陸及北越等地區大面積栽植抗褐飛蝨的雜交稻後，白背飛蝨漸取代褐飛蝨而成為主要害蟲。台灣在 2000 年後亦逐漸受波及，而成為二期稻之重要害蟲。斑飛蝨(*Laodelphax striatellus* Fallen)是為留居性

表一、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨抵抗性品種

品種	褐飛蝨	白背飛蝨	斑飛蝨	品種	褐飛蝨	白背飛蝨	斑飛蝨
台農 68 號	MR	S	S	台中秈 3 號	S	MR	R
台農 69 號	R	R	MR	台中秈 5 號	S	MR	R
台農 70 號	MR	MR	S	高雄秈 7 號	R	S	S
台農 72 號	R	S	R	台農秈 12 號	R	-	R
台粳 1 號	MR	-	-	台中秈 10 號	MR	S	R
台粳 2 號	MR	MR	S	台南秈 15 號	S	S	MR
台粳 5 號	MR	S	S	台中秈 16 號	MR	R	R
台粳 13 號	MR	S	S	台農秈 14 號	R	MR	R
台粳 16 號	R	R	R	台農秈 18 號	R	MR	MR
台東 30 號	R	MR	S	台農秈 19 號	R	MR	R
台南糯 10 號	R	S	S	台中秈 17 號	R	S	MR
高雄 144 號	S	MR	S	台農秈 20 號	R	S	R
桃園 3 號	S	MR	MR	台秈 1 號	MR	S	R
台南 11 號	MR	MR	R	台秈 2 號	MR	S	MR
台農糯 73 號	MR	MR	MR	台農秈糯 2 號	R	S	MR
台東糯 31 號	MR	MR	MR	台中秈糯 1 號	R	MR	R
台中秈 2 號	S	S	MR	台農秈 22 號	MR	S	MR
嘉農秈 6 號	S	R	R	高雄秈糯 8 號	MR	MR	MR
嘉農秈 8 號	S	MR	R				
嘉農秈 11 號	R	R	R				

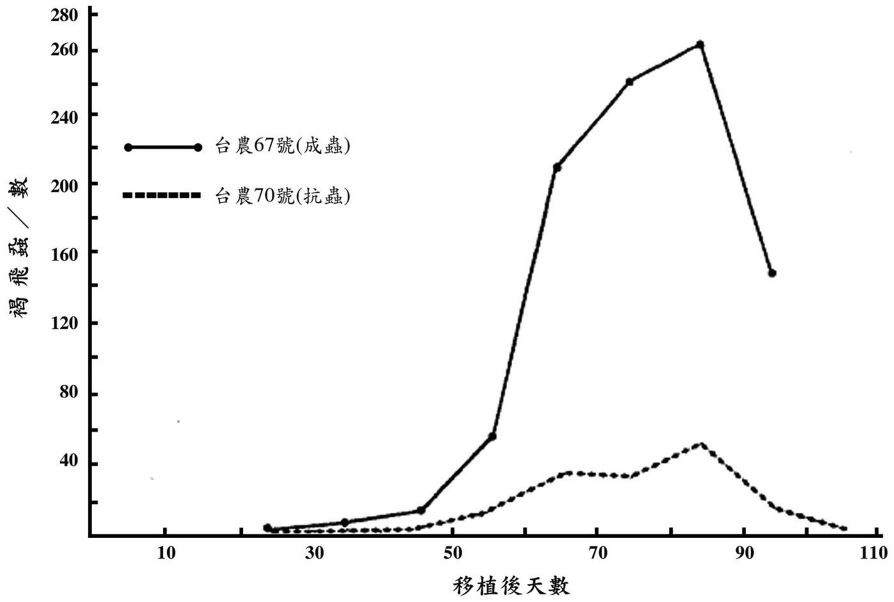

圖 1. 褐飛蝨在中等抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較。

害蟲，除成、若蟲於水稻抽穗後麇集於稻穗吸取養液危害，導致穀粒不稔或發育不良外，並可傳播稻縞葉枯病，為台灣水稻重要害蟲之一。過去在台灣雖曾經對白背飛蝨及斑飛蝨之抗蟲種源進行篩選，但尚無專為該兩種飛蝨之防治而進行抗蟲育種。惟由新育成之水稻品系對該兩種飛蝨之抗蟲性檢定時，發現有若干品系對白背飛蝨或斑飛蝨具有抗蟲性，其中部分品系已被命名推廣(鄭, 2002)(表一)。

三、抵抗稻細蟎的水稻品種

台灣中南部地區曾於1979年間遭受稻細蟎(*Steneotarsonemus spinki* Smiley)嚴重危害，引起穗梗扭曲、穀粒黑化不稔。當時台南及高雄區農業改良場曾對栽培品種對細蟎之抗性進行篩選，顯示有若干品種具有明顯之抗性，並推薦嘉農秈 11 號及台中秈 5 號於災區種植(方, 1980；李, 1980)。

四、抵抗亞洲玉米螟之玉米品種

亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* (Guenée))為台灣玉米栽培期中之主要害蟲，春作玉米若無適當防治，被害率常達 90%以上，食用玉米穗被害則失去商品價值。有鑑於在歐美地區以抗蟲品種防治歐洲玉米螟成功的事例，台南區農業改良場於 1970 年代開始從事玉米抗玉米螟育種工作，並於 1984 年後陸續育成台南 16、17、19 及 21 號(杜等, 1985；曾, 1991；曾與陳, 1995, 1999)；農業試驗所亦於 1997 年後推廣台農 3 及 4 號對玉米螟具有中等抗性的品種(何等, 1998；謝等, 2002)。上述抗蟲品種均於玉米輪生生長期才對玉米螟具有抗性(謝等, 1999)，在授粉期後即不具抗蟲性，在田間栽培時需配合寄生蜂之釋放，才可避免生長後期玉米穗之遭受危害(曾等, 1981)。

五、抵抗黍蚜之高粱品種

高粱栽培期中，以黍蚜(*Longiuguis sacchari* (Zehntner))之危害最為嚴重。台中區農業改良場因鑑於台灣栽培之品種對黍蚜均呈感蟲性，於 1972 年自美國引入抗蟲種源，並著手從事抗黍蚜育種工作，於 1977 年育成抗黍蚜、紋枯病、銹病及葉斑病之台中 5 號(林與陳, 1978)。其

後，台南區農業改良場於 1993 年育成中等抵抗黍蚜及葉斑病之台南 6 號(曾等, 1994)。在田間觀察，在抗蟲品種上黍蚜最高族群密度尚不到在感蟲品中上的一半，室內試驗觀察顯示，黍蚜在抗蟲品種上之若蟲發育期較在感蟲上者為長，但繁殖期則較之為短，而產仔數及若蟲的存活率則只有在感蟲品種上者的一半左右(張, 1981；張等, 1981)。

除上述作物已有抗蟲品種育成推廣農民栽植外，其他諸如甘藷、綠豆、番茄等作物亦已進入抗蟲育種程序，但均未見有良好之抗蟲品種推廣。

結論與展望

害蟲的發生密度是受蟲源密度、寄主的合適度以及環境的舒適度的綜合影響，其中有任何一個環節不能配合，則其發生密度就將受到限制。目前推行的害蟲綜合防治的概念即由此發展出來，即使用各種可能抑制害蟲的方法融合成為一個體系，將害蟲族群抑制於可能造成經濟危害損失之下。在此體系中，於環境因素相同的情況下，寄主作物對害蟲的抗或感性就成為影響害蟲發生程度的主要因素。由於栽植抗蟲品種並不增加任何費用於生產者，同時對人、畜及環境不具危險性，更可配合其他任何防治方法使用而獲得相乘的防治效力。在生態環境品質日益受重視，倡導農業永續經營的今日，抗蟲品種的開發與利用更顯重要。

然而以抗蟲品種作為防治策略的一環亦有其難以克服的困難，如抗蟲種源之獲得不易，害蟲的大量繁殖技術有待克服，育成一個可被農民接受的抗蟲品種曠日費時，且大面積推廣後難免會被產生之有害之生物小種所瓦解，以致前功盡棄。由此可知，若欲利用抗蟲品種為害蟲防治的基礎，需有一合作團隊在政策及經費的持續支持下方可達成。從國際上利用抗蟲品種於蟲害防治的事例中，不難發現無論在作物種或害蟲種類均在急速增加中。利用抗病、蟲品種除可降低作物之生產成本，增加國際競爭力外，同時亦可降低使用農藥對生態環境的衝擊。如國際稻米研究所已育成 15 種水稻品種同時對 7 至 8 種主要病

蟲害具中等以上之抵抗性，推廣於東南亞數百萬公頃水稻種植區(Panda & Khush, 1995)。栽植此類水稻品種，農民幾乎不需使用農藥即可獲得穩定的生產。惟上述之多抗性品種僅適於熱帶地區栽培之秈稻，並不適於台灣環境，適應於本地的品種有賴於本地自行發展。因此雖然一般都瞭解抗病、蟲作物品種具有很高的經濟價值，同時亦為作物永續栽培極為重要的一環，但若只瞭解而不付諸行動培育，那只好繼續望梅止渴了。

參考文獻

方新政。1980。水稻不稔症之發生原因及其防制試驗。植保會刊 22: 83-89。

何千里、謝光照、盧煌勝。1998。青割玉米單雜交種台農 3 號之育成。中農業研究 47(3): 189-203。

杜金池、曾清田、曾建銘、王清德。1985。雙雜交玉米台南 16 號之育成。台南農改場研究彙報 36: 20-36。

李新傳。1980。抗蟎害不稔症水稻品種田間篩選試驗。植保會刊 22: 91-100。

林薫生、陳國明。1978。新品種雜交高粱 - 台中五號。台灣農業 15: 46-51。

張念台。1981。高粱對黍蚜抗性之研究。植保會刊 23: 35-41。

張念台、蕭素碧、陳慶忠。1981。高粱對黍蚜抗性之研究。台中農改場研究彙報(新) 5: 81-91。

張萬來。1982。水稻台農 68 號。豐年 32(22): 37-38。

曾清田、鍾蒂月、詹珍桂。1981。玉米輪生期抗螟因子選拔(二)抗螟因子來源。台南農改場研究彙報 15: 37-41。

曾清田、陳振耕、曾建銘。1991。單雜交玉米新品種台南 17 號之育成。台南農改場研究會報 26: 22-31。

曾清田、楊靄華、黃俊杉。1994。雜交高粱新品種台南 6 號之育成。台南農改場研究會報 30: 43-60。

曾清田、陳振耕。1995。青割玉米品種台南 19 號之育成。台南農改場研究彙報 32: 1-22。

曾清田、陳振耕。1999。青割玉米品種台南 21 號之育成。台南農改場研究會報 36：20-36。

鄭清煥。1975。褐飛蝨之新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。台灣農試所研究彙報 32: 29-41。

鄭清煥。1980。可能影響水稻害蟲藥劑防治效果及收益之若干因素。pp. 89-118。載於農藥研究專題討論會講稿集。

鄭清煥。1992。最近作物抗蟲育種研究技術之進展。載於病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。163-174 頁。

鄭清煥。1985。田間抗蟲型稻種對褐飛蝨抵抗性檢定方法之研究。中華昆蟲 5: 11-18。

鄭清煥。1991。台灣作物抗蟲育種之研究與展望。pp. 99-126。載於近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊。中華昆蟲特刊第 7 號。

鄭清煥。1995。水稻害蟲之綜合防治。pp.166-178，載於永續農業研究及推廣研討會專輯。林與洪編。中華永續農業協會與台中農改場編印。

鄭清煥。2002。水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。pp.9-38。載於台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊。程等編。農業試驗所嘉義分所編印。

謝光照、陳炳輝、何千里、盧煌勝。1999。台南白玉米自交系對亞洲玉米螟抗性之遺傳變異及其遺傳行為。中華農業研究 43(3): 24-32。

謝光照、何千里、盧煌勝、陳炳輝、蔡志濃、劉慧瑛。2002。食用白玉米台農 4 號之育成。中華農業研究 51(2): 1-16。

蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測(1966-1984)。台灣省政府農林廳編印。382 pp。

Balachowsky, B. S. 1951. Lalutte contre les insects. Payot, Paris. 380 pp.

Chang, W. L., and C. H. Cheng. 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Paper present to IRRC, April 22-25, 1974. 14 pp.

Chelliah, S., R. Velusamy, E. A. Heinrichs, and S. Murugesan. 1981. Moderate resistance in rice varieties to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) - Methods of evaluation. Paper presented at IRRC, IRRI, Los Banos, Philippines. 15 pp.

Cheng, C. H. 1985. Interactions between the biotypes of brown planthopper and rice varieties. Jour. Agric. Res. China 34(3): 299-314.

Cheng, C. H., and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to brown planthopper in Taiwan. p.251-257. in: Brown planthopper : Treat to rice production in Asia. IRRI, Los Banos, Philippines.

Everson, E. H., and R. L. Gallun. 1980. Breeding approaches in wheat. p. 513-533. in: Breeding plants resistance to insects, Maxwell & Jennings eds., John Wiley & Sons, New York.

Gallun, R. L. 1972. Genetic interrelationship between host plants and insects. J. Environ. Qual. 1: 259-265.

Gallun, R. L., and G. S. Khush. 1980. Genetic factors affecting expression and stability of resistance. p. 63-85. in: Breeding plants resistance to insects, Maxwell & Jenning ed., John Wiley & Sons, New York.

Guthrie, W. D., Y. S. Rathore, D. F. Cox, and G. L. Reed. 1974. European corn borer: Virulence on corn plants of larvae reared for different generation on meridic diet. J. Econ. Entomol. 67: 605-606.

Kartohardjono, A., and E. A. Heinrichs. 1984. Population of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal)(Homoptera : Dephacidae) and its predators on rice varieties with differing levels of resistance. Environ. Entomol. 13 : 359-365.

Kogan, M. 1982. Plant resistance in pest management. p. 93-134. in: Introduction to insect pest management, 2nd ed. R. L. Metcalf and W. H. Luckmann, eds. John Wiley and Sons, New York.

Heinrichs, E. A., L. T. Fabella, R. P. Basilio, C. W. Tu, and F. Medrano. 1984. Susceptibility of rice planthoppers*,* *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) to insecticides as influence by level of resistance in the host plant. Environ. Entomol. 13: 455-458.

Horber, E. 1980. Types and classification of resistance. p. 15-21. in: Breeding plants resistance to insects, Maxwell & Jennings, eds. John Wiley & Sons, New Youk.

Hu, G. W., J. Tang, and J. Y. Tang. 1991. Recent prevalence of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath in China. Plant Protection 46: 219-222. (in Japanese)

Khush, G. S. 1977. Disease and insect resistance in rice. Adv. Agron. 29: 265-341.

Khush, G. S. 1979. Genetic of and breeding for resistance to brown planthopper. p. 321-332. in: Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI, Los Banos, Philippines.

Khush, G. S. 1992. Selecting rice for simply inherited resistance. p. 303-346. in: Plant breeding in the 1990s. Stalker and Murphy eds. CAB International, Wallingford. UK.

Maxwell, F. G., J .N. Jenkins, and W. L. Parrott. 1972. Resistance of plants to insects. Advan. Agron. 24: 187-265.

Ooi, P. A. C., and B. M. Shepard. 1994. Predators and parasitoids of rice insect pests. p. 585-612. in: Biology and management of rice insects, Heinrichs E. A. edited, Wiley Eastern limited, New Delhi.

Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. Macmillan, New York.

Panda, N., and G. S. Khush. 1995. Host plant resistance to insects. CAB International in association.

Parnell, F. K. 1935. Origin and development of the U_4 cotton. Empire cotton growing. Crop Rev. 12: 177-182.

Parnell, F. K., H. E. King, and D. F. Ruston. 1949. Jassid resistance and hairiness of the cotton plant. Bull. Entomol. Res. 39: 539-575.

Pathak, M. D. 1970. Genetic of plants in pest management. In concepts of pest management, R. L. Rabb and F. E. Guthrie, Eds. North Corolina university, Raleigh, pp.138-157.

Price, P. W., E. C. Bouton, P. Gross, B. A. Mcpheron, J. N. Thompson, and A. E. Weis. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Ann. Rev. Ecol. Systm. 11: 41-65.

Smith, C. M. 1989. Plant resistance to insects - A fundamental approach. John Wiley & Sons, New York.

Sogawa, K. 1991. Recent biological and ecological problems of the rice planthoppers. Plant Protection 46: 183-186.

Stapley, J. T. 1976. The brown planthopper and *Cyrtorhinus* spp. predators in the Solomon islands. Rice Entomol. Newsl. 4: 37.

Starks, K. J., R. Muniappan, and R. D. Eikenbary. 1972. Interaction between plant resistance and parasitism against the greenbug on barley and sorghum. Ann. Entomol. Soc. Am. 65: 650-655.

Strong Jr, D. R. 1979. Biogeographic dynamics of insect-host plant communities. Ann. Rev. Entomol. 24: 89-119.

van Emdem H. F., and C. H. Wearing. 1965. The role of aphis host plant in delaying economic damage level in crops. Ann. Appl. Biol. 56: 323-324.

Wilbert, H. 1980. The effect of resistant plants on pest population dynamics. Z. Angew. Entomol. 89: 298-314.

行政院農業委員會農業試驗所 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE 1895